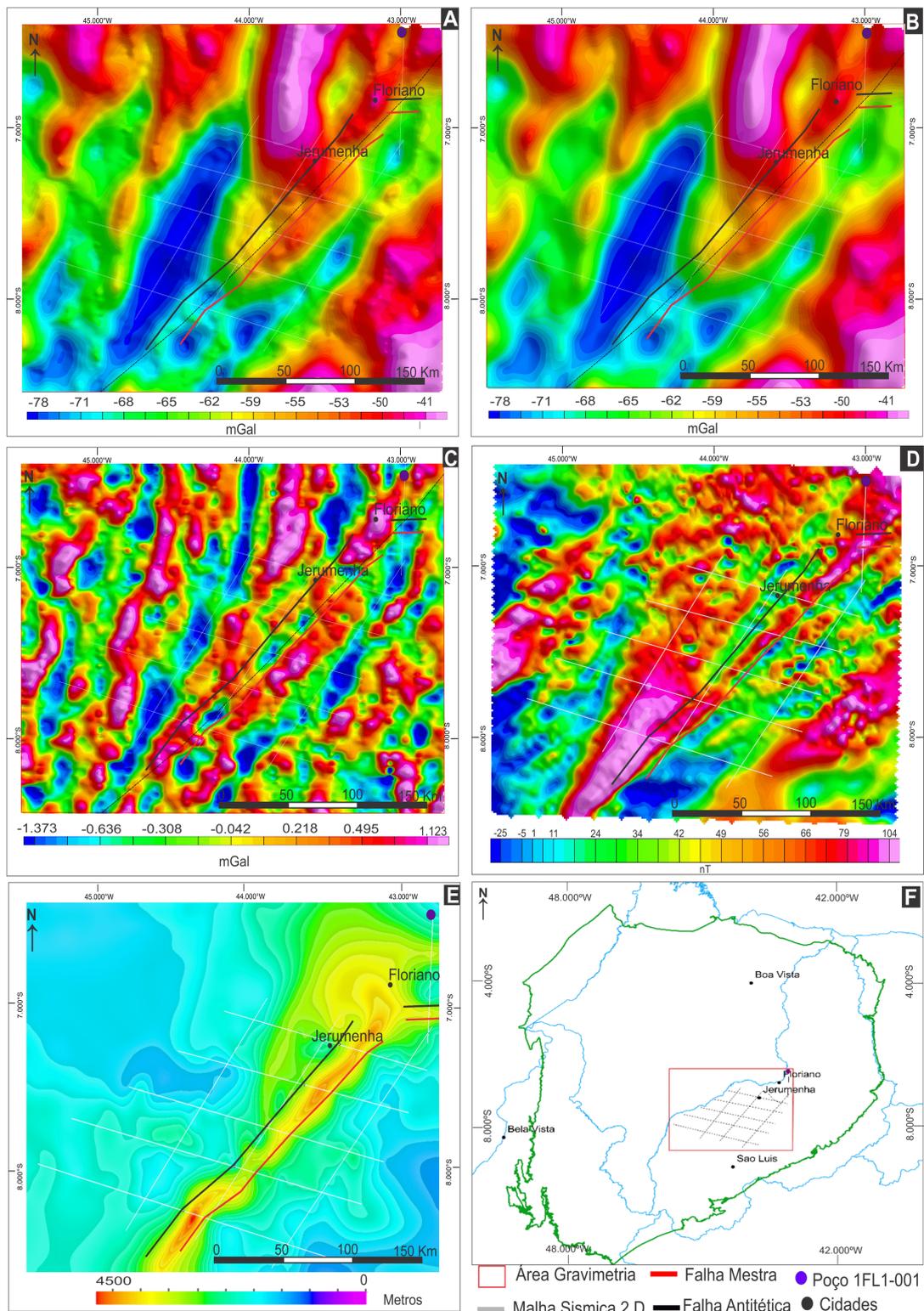


Figura 29 - Mapas de anomalia *Bouguer* total, *Bouguer* residual, *Bouguer* regional e Campo Magnético Anômalo.



Legenda: A) Mapa de anomalia *Bouguer* total da área de estudo. B) Mapa de anomalia *Bouguer* regional para comprimento de onda superior a 25 km. C) Mapa de anomalia *Bouguer* residual para comprimento de onda inferior a 25 Km. D) Mapa de anomalia Magnética. E) Mapa de isópacas da sequência sedimentar da área de estudo. F) Localização dos dados potenciais e linhas sísmicas. Sistema de coordenadas utilizado WGS84, 23S.

Fonte: O autor, 2019.

Outras estruturas que apresentam elevados valores de anomalia magnética podem vir a corresponder à influência de corpos ígneos de idade mesozoica, como observado no segmento Leste da linha sísmica 0295-007, com rochas vulcânicas pertencentes a Formação Sardinha aflorantes em superfície (Figura 8).

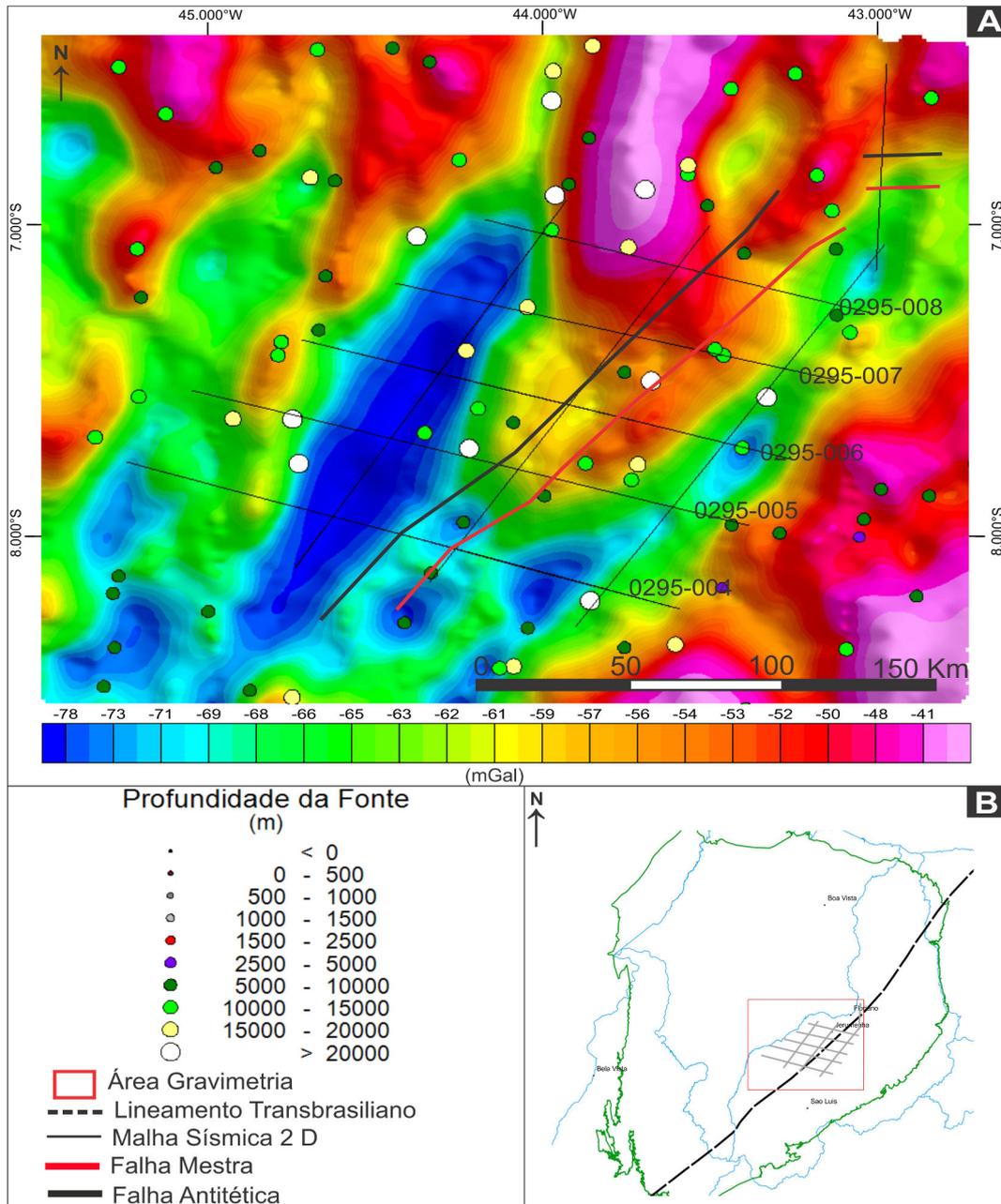
O mapa resultado da deconvolução de Euler, como observado na Figura 30, evidencia a localização e a profundidade de fontes gravimétricas desde a superfície até profundidades superiores a 20 km. Grande parte das fontes aparecem numa faixa de profundidade de 5 a 20 Km e tendem a se localizar próximo do limite entre os altos gravimétricos e baixos gravimétricos: tal informação pode ser um importante indicador de estruturas em subsuperfície e seus limites. Grande parte dos resultados obtidos mostra que as anomalias gravimétricas positivas possuem um maior número de fontes em profundidade quando comparadas com as anomalias negativas. Observa-se um expressivo alinhamento de fontes gravimétricas ao longo do baixo gravimétrico à leste do mapa, e se estende por 280 Km, com profundidade de fontes que variam de 5 a 20 km.

Os planos de falhas do graben pré-siluriano inseridos no mapa de anomalia *Bouguer* (Figura 30), indicam pouca ou quase nenhuma influência dos limites dos grabens como fontes gravimétricas, se observa na Figura a ausência de fontes ao longo da calha principal.

A zona entre as linhas interpretadas representa a principal calha mapeada na bacia e é possível observar que apenas o mapa residual e o mapa de campo Magnético Anômalo exprimem a arquitetura dos grabens (Figura 29). Os mapas de anomalia *Bouguer* total e regional não apresentam ligação com a zona de maior depocento da bacia.

Integrando essas observações com o mapa de isópacas total da região de estudo (Figura 20), podemos observar que a bacia apresenta uma profundidade total de 4500 km e seu depocento se situa ao longo do Lineamento Transbrasiliiano, este mapa reflete a arquitetura da superfície do embasamento interpretada na sísmica (Figura 25). Era de se esperar uma anomalia gravimétrica negativa nesta região em decorrência dos espessos pacotes sedimentares da bacia, porém, observa-se nos mapas de anomalia *Bouguer* total e regional (Figura 29a b) que o depocento da bacia não coincide com a anomalia negativa na zona de estudo, conforme observado também por Castro *et al.* (2014). Segundo Watts *et al.* (2018), o alto gravimétrico na região central da bacia, como também observado nos mapas de anomalia *Bouguer* regional (Figura 29 b) pode estar associado a influência de um afinamento crustal que se desenvolveu durante o início da bacia, ou então sugere um corpo de alta densidade entre a crosta inferior e o manto superior. Num recente trabalho Tozer, Watts e Daly (2017) por meio de modelagem gravimétrica orientada ao objeto, sugere a existência de blocos de alta densidade de profundidade crustal. Tais citações, associadas com os mapas de anomalia *Bouguer* total, mapa de anomalia magnética e o mapa de profundidade de fontes (Euler), nos sugerem um corpo magmático de alta densidade em profundidades superiores ou iguais a 25 Km, responsável pela principal anomalia positiva estudada. Tal análise será melhor analisada durante a modelagem gravimétrica direta no próximo capítulo.

Figura 30 - Mapa de anomalia *Bouguer* com localização e profundidade de fontes por meio da deconvolução de Euler.



Legenda: A) Localização e profundidade das fontes gravimétricas calculadas por meio da deconvolução de Euler, utilizando a ferramenta *Grav/Mag interpretation* do software Oasis Montaj. Utilizando como base o *grid* da anomalia *Bouguer* total. B) Localização da área em estudo. Imagem sombreada com inclinação de 45°, sistema de coordenadas utilizado WGS84, 23S.

Fonte: O autor, 2019

5 MODELAGEM GRAVIMÉTRICA 2D

A modelagem gravimétrica direta é uma das técnicas geofísicas mais utilizadas para a determinação das formas internas e das profundidades de corpos em subsuperfície e apresenta grande utilidade principalmente na ausência de dados de sísmica de reflexão. No caso de rochas cristalinas, como granitos, a relevância da gravimetria é ainda maior, visto que seções sísmicas, além de não serem muito comuns para este fim, não costumam delimitar com clareza os contatos inferiores dos corpos intrusivos (VIGNERESSE, 1995). Porém, a modelagem gravimétrica apresenta algumas limitações bem conhecidas, como uma baixa resolução vertical para grandes profundidades, a não unicidade das soluções e as interferências causadas por fontes gravimétricas que tendem a mascarar a informação da fonte alvo (De Castro, 2005).

Na modelagem gravimétrica direta, as densidades e formas geométricas das fontes são definidas e o valor da gravidade calculado é comparado ao valor da gravidade observado. Os parâmetros iniciais são alterados repetidas vezes com o intuito de se obter o melhor ajuste entre as curvas dos dados observados e os calculados (BLAKELY, 1996).

Neste trabalho a modelagem gravimétrica direta 2D foi realizada por intermédio da ferramenta *GM-SYS* do *software Oasis Montaj* (GEOSOFT, 2004). Tal programa calcula a resposta gravimétrica e magnética de um modelo geológico predefinido, por meio de algoritmos desenvolvidos por Talwani, Worzel e Landisman (1959), Talwani (1964) e Won e Bevis (1987). Um modelo é considerado ajustado quando a curva calculada se ajusta perfeitamente à curva observada. Na ferramenta *GM-SYS* o nível de ajuste pode ser observado por meio do erro *RMS*, que baseia-se na raiz média quadrática do ajuste entre as curvas.

5.1 Resultados

O perfil de anomalia gravimétrica utilizado se localiza ao longo da linha sísmica 0295-007, possui 150 km de extensão e foi extraído a partir do *grid* de anomalia *Bouguer* completa micronivelada (Figura 27 b). Foi planejado não utilizar a separação regional-residual durante a modelagem com o objetivo de não perder informações importantes que são removidas durante as aplicações de filtros. A localização foi escolhida com o intuito de se utilizar os horizontes interpretados referentes à Bacia do Parnaíba (horizontes sísmicos e soleiras) e de analisar o alto gravimétrico ao longo do principal depocentro da bacia, como observa-se no mapa de anomalia gravimétrica (Figura 29).

O perfil gravimétrico extraído apresenta valores de anomalia que variam de -50 a -80 *mGal* conforme aparece na Figura 32 .

Figura 31 - Densidade dos blocos utilizadas durante o processo de modelagem.

Domínio Crustal	Sequência/Camada	Densidade (Kg/m ³)
Soleiras e Intrusões Ígneas	Jurássico/Cretáceo	2900
Rochas Ultramáficas	-	2900
Bacia Parnaíba	Devoniano Superior ao Presente	2390
	Devoniano Médio/Inferior	2600
	Siluriano	2530
Bacia Pré-Siluriana	Sequência III	2,750
	Sequência II	2690
	Sequência I	2710
Crosta Superior	Embasamento Pré-Cambriano?	2725
	Embasamento Paleoproterozóico?	2810
	Bloco Parnaíba	2810
	Província Borborema	2870
Crosta Média	-	2870
Crosta Inferior	-	2890
Manto	-	3300

Legenda: Propriedades físicas das rochas de nível crustal ao longo do perfil sísmico 0295-007 para modelagem direta 2D de dados gravimétricos.

Fonte: O autor, 2019

Numa análise regional, observam-se três tendências principais: um proeminente alto gravimétrico na região central, atingindo valores de até -55 mGal e dois baixos gravimétricos que atingem valores de -52 mGal e -80 mGal (Figura 32).

Os horizontes interpretados na sísmica em profundidade (seção 3.2) foram inseridos no modelo para a caracterização da bacia, Figura 33 c. As informações de densidade escolhidas, analisadas ao longo do poço 1FL1-001-PI, apresentam valores bem próximos dos propostos na bibliografia, como os valores de densidade do Grupo Serra Grande proposto por Castro *et al.* (2016) e as densidades das soleiras ígneas inferido por Castro *et al.* (2014) e Daly *et al.* (2018), como indicado na Figura 31. As Sequências I, II e III interpretadas na sísmica (Figura 24) e apresentadas na Figura 9, não estão presentes ao longo do poço 1FL1-001-PI.

As sequências I, II e III estão inseridas entre a discordância pré-siluriana e a base das calhas do Lineamento Transbrasiliano e foram interpretadas como correlatos do Grupo Jaibaras, como sugerido na seção 3.2.2. A sequência I foi associada ao Grupo Ubjara, a sequência II às Formações Massapê e Pacujá, a sequência III à Formação Aprazível. As densidades utilizadas para as sequências pré-silurianas foram assumidas de acordo trabalhos de modelagem gravimétrica ao longo da Bacia do Jaibaras por Pedrosa *et al.* (2017) e podem ser analisadas na Figura 31.

Inserindo apenas as superfícies e as intrusões de soleiras oriundas da interpretação sísmica, não foi possível obter o perfeito ajuste entre a curva observada e a curva ajustada (elevado erro *RMS*). Observa-se (Figura 32) que a influência gravimétrica da Bacia Pré-Siluriana ao longo do perfil se concentra apenas na região central, entre os limites das falhas mestra e antitética, mais precisamente no topo do alto gravimétrico, resultando numa pequena flexura na

ordem de 3 *mGal*. Com isso tornou-se necessária a inserção de novas estruturas de nível crustal no modelo, conforme se observa na Figura 33.

Segundo Daly *et al.* (2014), a zona de falha do Lineamento Transbrasiliano separa dois blocos (Figura 5), à esquerda o Bloco Parnaíba e à direita a Província Borborema. Suas densidades e seus limites foram inferidos na modelagem gravimétrica com base nos modelos sísmicos de Watts *et al.* (2018), Soares *et al.* (2018) e Tozer, Watts e Daly (2017) ao longo da Bacia do Parnaíba (Figura 33).

O limite crosta/manto proposto nessa dissertação apresenta profundidade crustal de aproximadamente 42 km, com suave espessamento de 2 km na zona de falha do LTB, no contato do Bloco Parnaíba com o Bloco Borborema. Essa interpretação foi realizada com base no trabalho de Tozer, Watts e Daly (2017) e Watts *et al.* (2018), que identificaram a profundidade do limite crosta/manto ao longo da Bacia do Parnaíba por meio de análises de sísmica de reflexão profunda e técnicas de WARR (*Wide Angle Reflection Refraction*) em perfil sísmico extenso.

Contudo, as estruturas inseridas no modelo não foram capazes de ajustar à curva. Observam-se ao longo do perfil gravimétrico três grandes anomalias (Figura 33 b): um baixo gravimétrico que apresenta valores de -80 *mGal* a oeste da seção, um alto gravimétrico de até -52 *mGal* na região central e um outro baixo gravimétrico de -65 *mGal* a Leste da seção. A assinatura do perfil gravimétrico na área de estudo se assemelha com o perfil gravimétrico de uma seção da Bacia do Jaibaras interpretado por Pedrosa *et al.* (2017) na Figura 32. Observa-se certo nível de similaridade entre os perfis, ambos apresentam três grandes anomalias; uma negativa a Leste, positiva no centro e outra negativa a Oeste. Em ambos os perfis gravimétricos, observa-se a influência dos sedimentos pré-Silurianos (Grupo Jaibaras) como uma suave anomalia negativa em meio à anomalia positiva regional presente na porção, por onde cruza o LTB.